

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑪ **DE 3436444 A1**

⑤1 Int. Cl. 4:
A61B 6/04
A 61 N 5/10

②1 Aktenzeichen: P 34 36 444.7
②2 Anmeldetag: 4. 10. 84
④3 Offenlegungstag: 10. 4. 86



DE 3436444 A1

⑦1 Anmelder:
Röttinger, Erwin, Prof. Dr., 7900 Ulm, DE; Schneider,
Eugen, Dr.; Blank, Peter, Dr., 7915 Elchingen, DE;
Vogel, Rudolf, Dipl.-Ing., 7901 Beimerstetten, DE

⑦4 Vertreter:
Kraus, W., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Weisert, A.,
Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Spies, J., Dipl.-Phys., Pat.-Anw.,
8000 München

⑦2 Erfinder:
gleich Anmelder

⑤4 Verfahren und Einrichtung zur reproduzierbaren dreidimensionalen Positionierung eines Patienten, insbesondere zur Bestrahlung

Mit der Erfindung werden ein Verfahren und eine Einrichtung zum dreidimensional reproduzierbaren Positionieren eines Patienten zur Verfügung gestellt, worin wenigstens zwei Bezugsbilder des Patienten in zwei verschiedenen Bildebenen bei einer ersten exakten Positionierung des Patienten aufgenommen und bei einer späteren zu reproduzierenden Positionierung dieses Patienten mit entsprechenden aktuellen Bildern, vorzugsweise durch digitale Subtraktion, verglichen werden, welche von denselben Positionen und mit denselben Einstellungen der Aufnahmeoptik aufgenommen werden; die Positionierung des Patienten wird so lange verändert, bis die jeweiligen Bezugsbilder mit den entsprechenden aktuellen Bildern, welche bevorzugt fortlaufend erzeugt werden, übereinstimmen. Auf diese Weise ist eine einfache, schnelle und äußerst genau reproduzierbare Einstellung der Position des Patienten möglich.

DE 3436444 A1

04-10-84
2

3436444

dikation und Aufnehmen von mindestens zwei Bezugsbildern des Patienten (1) in zwei Bildebenen;

- 5 (b) Speichern der aufgenommenen Bezugsbilder;
- (c) erneutes Positionieren des Patienten (1), nachdem dieser die Bezugsposition verlassen hat, in einer mit der Bezugsposition angenähert übereinstimmenden aktuellen
10 Position;
- (d) Aufnehmen von wenigstens zwei aktuellen Bildern des Patienten (1) von den gleichen Aufnahmeorten aus, von denen her die Bezugsbilder aufgenommen wurden sowie mit
15 den gleichen Objektiven, mit denen die Bezugsbilder aufgenommen wurden;
- (e) Vergleichen der Bezugsbilder mit den aktuellen Bildern;
und
20
- (f) Wiederholen der Verfahrensschritte (d) und (e) unter Veränderung der Position des Patienten (1) so lange, bis die aktuellen Bilder mit den Bezugsbildern übereinstimmen.
25
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Bezugsbilder und als aktuelle Bilder Fernsehbilder aufgenommen werden.
- 30 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Bezugsbilder und die aktuellen Bilder zum Bildvergleich digital voneinander subtrahiert werden.

8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß ihre Steuereinrichtung (32), insbesondere ein Prozessor, über eine, vorzugsweise mikroprozessorgesteuerte, Schnittstelle (26) mit der
5 Steuereinrichtung (25), insbesondere einem Prozessor, einer Bestrahlungseinrichtung (8,23,24,25) verbunden ist.

9. Einrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß sie über eine, vorzugsweise mikroprozessorgesteuerte, Schnittstelle (26) mit
10 einer der Einrichtung (3 bis 6, 12 bis 22) zur Positionierung eines Patienten (1) und einer Bestrahlungseinrichtung (8,23,24,25) gemeinsamen Rechnersteuereinrichtung (25), insbesondere einem Prozessor, verbunden ist.

10. Einrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine Verstelleinrichtung (37) für die verstellbare Halte- oder Trageinrichtung (2), insbesondere
15 eine Patiententischverstelleinrichtung, über die, vorzugsweise mikroprozessorgesteuerte, Schnittstelle (26) mit der gemeinsamen Rechnersteuereinrichtung (25) verbunden ist.

11. Einrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß an der verstellbaren Halte- oder
25 Trageinrichtung (2) für den Patienten (1), insbesondere an der Patiententischverstelleinrichtung (37), vorgesehene Positionssensoren über die, vorzugsweise mikroprozessorgesteuerte, Schnittstelle (26) mit der gemeinsamen Rechnersteuereinrichtung (25) verbunden sind.

12. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Bildvergleich
30 nur in einer Bezugsebene erfolgt.

ist in manchen Körperbereichen für den Patienten kosmetisch wenig akzeptabel.

Außerdem ist die Genauigkeit der Positionierung, welche in
5 der vorgenannten bekannten Weise durchgeführt wird, durch die notwendigen Abmessungen der Lichtmarkierungen und durch die Verschieblichkeit der Haut des Patienten auf etwa 1 bis 5 mm begrenzt.

- 10 Aufgabe der Erfindung ist es daher insbesondere, ein Verfahren und eine Einrichtung zur reproduzierbaren dreidimensionalen Positionierung eines Patienten zur Verfügung zu stellen, mit denen die Positionierung des Patienten schneller, einfacher und gleichzeitig noch genauer als mit den bisherigen
15 Methoden, insbesondere als bei der Positionierung mit Lichtmarken, erfolgen kann.

Diese Aufgabe wird mit einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß erfindungsgemäß die folgenden
20 Verfahrensschritte vorgesehen sind:

(a) Anordnen des Patienten in einer Bezugsposition für die Bestrahlung aufgrund der medizinisch gegebenen Indikation und Aufnehmen von mindestens zwei Bezugsbildern
25 des Patienten in zwei Bildebenen;

(b) Speichern der aufgenommenen Bezugsbilder;

(c) erneutes Positionieren des Patienten, nachdem dieser
30 die Bezugsposition verlassen hat, in einer mit der Bezugsposition angenähert übereinstimmenden aktuellen Position;

(d) Aufnehmen von wenigstens zwei aktuellen Bildern des Patienten von den gleichen Aufnahmeorten aus, von denen
35

zugsbildern mit zwei, ebenfalls mit den Bilderzeugungseinrichtungen aufgenommen aktuellen Bildern des Patienten.

- 5 Vorzugsweise sind die Bilderzeugungseinrichtungen Fernsehkameras.

In Weiterbildung der Erfindung ist diese Einrichtung so ausgebildet, daß die Bildvergleichseinrichtung eine digitale Subtraktionseinrichtung umfaßt oder ist.

Das erfindungsgemäße Verfahren und die Einrichtung nach der Erfindung ermöglichen eine außerordentlich genaue und verhältnismäßig schnelle reproduzierbare Positionierung des Patienten, wobei die Genauigkeit dieser Positionierung, insbesondere bei der Anwendung der digitalen Subtraktion, 0,1 mm und weniger beträgt, und durch Verwendung entsprechender Objektive bei den Bilderzeugungseinrichtung zum Erzeugen der Bezugsbilder und der aktuellen Bilder, so weit gesteigert werden kann, wie es überhaupt im Rahmen des Medizinischen noch sinnvoll ist.

Das Einstellen der Verstellvorrichtung der Halte- oder Trageinrichtung für den Patienten, insbesondere des Patiententischs, kann sowohl manuell aufgrund des Ergebnisses des Bildvergleichs als auch automatisch dadurch erfolgen, daß gemäß einer Weiterbildung der Erfindung an die Bildvergleichseinrichtung eine mittels dieser steuer- oder regelbare Verstelleinrichtung für die verstellbare Halte- oder Trageinrichtung für den Patienten, insbesondere eine Patiententischverstelleinrichtung, angekoppelt ist.

Obwohl die Einrichtung zur reproduzierbaren dreidimensionalen Positionierung eines Patienten, wie sie vorstehend angegeben ist, unabhängig von einer Bestrahlungseinrichtung

Insbesondere ist es für diesen Fall vorgesehen, daß an der mechanisch verstellbaren Halte- oder Trageinrichtung für den Patienten, insbesondere an der Patiententischverstell-
einrichtung, vorgesehene Positionssensoren über die, vor-
zugsweise mikroprozessorgesteuerte, Schnittstelle mit der
gemeinsamen Rechnersteuereinrichtung verbunden sind.

Die Erfindung sei nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren 1 bis 3 der Zeichnung anhand einiger besonders bevorzugter Ausführungsformen näher erläutert; es zeigen:

Figur 1A ein Bild einer in einer erfindungsgemäßen Einrichtung vorgesehenen Bilderzeugungseinrichtung, das seitlich aufgenommen worden ist und einen experimentellen Aufbau zur Bestimmung der erreichbaren Genauigkeit darstellt, wobei eine Meßuhr die vertikale Verschiebung relativ zu einer Ausgangslage anzeigt;

Figur 1B das Ergebnis einer digitalen Subtraktion eines Bezugsbildes und eines aktuellen Bildes bei vertikaler Verschiebung des Patienten um 0,1 mm gegenüber einer exakten Positionierung, bei welcher also das Bezugsbild und das aktuelle Bild genau übereinstimmen würden;

Figur 1C das Ergebnis einer digitalen Subtraktion eines Bezugsbildes und eines aktuellen Bildes bei vertikaler Verschiebung des Patienten um 0,4 mm gegenüber einer exakt genau gleichen Positionierung;

Figur 2 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Einrichtung zur reproduzierbaren dreidimensionalen Positionierung

Zur Erzeugung eines Bezugbildes und eines aktuellen Bildes des Patienten in einer Bildebene, die senkrecht zu der Bildebene der Bilderzeugungseinrichtungen 3 und 4 verläuft, ist die Bilderzeugungseinrichtung 5 vorgesehen, deren Aufnahmewinkel 11 stets unverdeckt ist.

Die außerdem noch vorgesehene Bilderzeugungseinrichtung 6 ist fest mit der Bestrahlungseinrichtung 8 verbunden und dient dazu, eine entsprechende Lichtmarkierung, die von der Bestrahlungseinrichtung zur Markierung des Bestrahlungsbereichs mit erzeugt wird, aufzunehmen.

Weiter umfaßt die in Figur 2 dargestellte Einrichtung zur Positionierung des Patienten 1 eine Bildverarbeitungs- und -speichereinrichtung 12, die an ihrem einen Eingang 13 über einen Umschalter 14 wahlweise über Leitungen 15, 16, 17 und 18 mit einer der Bilderzeugungseinrichtung 3, 4, 5 oder 6 verbindbar ist.

Diese Bildverarbeitungs- und -speichereinrichtung ist an ihrem Ausgang 19 mit einem Bildschirmmonitor 20 verbunden, auf dem sowohl die einzelnen Bilder, welche von den Bilderzeugungseinrichtungen 3, 4, 5 oder 6 erzeugt werden, als auch das Ergebnis einer digitalen Subtraktion von zwei entsprechenden Bildern darstellbar ist.

Die Bildverarbeitungs- und -speichereinrichtung 12 weist insbesondere, jedoch nicht notwendigerweise ausschließlich, eine Bildspeichereinrichtung 21 zum Speichern der Bilder des Patienten auf, sowie eine Bildvergleichseinrichtung 22 zum Vergleichen von zwei mit den Bilderzeugungseinrichtungen 3, 4, 5 und 6 aufgenommenen Bezugsbildern mit zwei, ebenfalls von den Bilderzeugungseinrichtungen 3, 4, 5 und 6 aufgenommenen aktuellen Bildern des Patienten 1.

24 und andererseits über entsprechende Verbindungsleitungen 27, beispielsweise einen Bus an die Bildverarbeitungs- und -speichereinrichtung 12 angekoppelt ist, so daß sie diese steuern kann. Die Schnittstelle 5 26 ist vorzugsweise eine mikroprozessorgesteuerte Schnittstelle.

Im übrigen ist in Figur 2 eine Strahlenschutzmauer 28 eingezeichnet, welche den Therapieraum 29 vom Kontrollraum 10 30 trennt. Durch diese Strahlenschutzmauer 28 gehen Verbindungsleitungen 31 hindurch, welche das Bestrahlungsgerät 8 mit dem Kontroll- und Bedienungsgerät aus den Einheiten 23, 24 und 25 verbinden und zusammen mit dem Bestrahlungsgerät 8 die gesamte Bestrahlungseinrichtung 15 bilden.

Es sei nun auf die Ausführungsformen der Figur 3 eingegangen und in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, daß in Figur 3 für gleichartige bzw. entsprechende Teile und 20 Baueinheiten die gleichen Bezugszeichen wie in Figur 2 verwendet worden sind, so daß, soweit diese Bezugszeichen anhand der Figur 2 bereits erläutert wurden, auf diese Erläuterungen verwiesen wird.

25 Die Ausführungsform der Figur 3 unterscheidet sich von derjenigen der Figur 2 im wesentlichen durch folgendes:

(1) In der Einrichtung, welche zur reproduzierbaren dreidimensionalen Positionierung des Patienten dient, ist 30 zusätzlich eine Steuereinrichtung 32, beispielsweise ein Prozessor, vorgesehen, wodurch es ermöglicht wird, die Bestrahlungseinrichtung 8, 23, 24 und 25, welche mit der Steuereinrichtung 32 der Positionierungseinrichtung über die Schnittstelle 26 verbunden ist, von 35 der Positionierungseinrichtung abzutrennen und beide

zu speichern und einzulesen, was mit der Speichereinrichtung 38 geschieht und/oder Bilder, insbesondere Bezugsbilder, von Patienten über magnetische Platten zu speichern oder einzulesen, was über die Bildspeichereinrichtung 39 geschieht. Es sei in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, daß in der Bildspeichereinrichtung 21 bei größerem Speicherbedarf nur bevorzugt diejenigen Bilder, insbesondere Bezugsbilder, von Patienten eingespeichert werden, die man häufig braucht, und zwar insbesondere von Patienten, die mehrmals pro Woche zur Bestrahlung kommen.

Es sei nun anhand der Figuren 1 bis 3 die Verfahrensweise erläutert, mit der ein Patient positioniert und bestrahlt wird:

Bei der ersten von mehreren in verschiedenen zeitlichen Abständen erfolgenden Bestrahlung des Tumors eines Patienten wird der Patient 1 aufgrund der medizinischen Indikation auf dem Patiententisch 2 relativ zu dem Bestrahlungsgerät 8 positioniert, wobei Größe und Kontur des Bestrahlungsbereichs sowie die Richtung der Bestrahlung festgelegt und eingestellt werden. Dann werden von dem Patienten 1 in dessen Bestrahlungsposition wenigstens zwei erste Bilder, die hier als Bezugsbilder bezeichnet werden, in zwei verschiedenen, vorzugsweise zueinander senkrechten oder sich schneidenden, Bildebenen aufgenommen und gespeichert, z.B. digital in einem Rechner (Bildspeichereinrichtung 21).

Es sei hier ergänzend zu der weiter oben gegebenen Erläuterung der Figur 2 darauf hingewiesen, daß vorzugsweise noch eine weitere Bilderzeugungseinrichtung, bevorzugt in der Form einer Fernsehkamera, senkrecht über dem Patienten an der Decke des Bestrahlungsraums vorgesehen ist, so

träger, beispielweise in Form einer Magnetkarte, gehört, worauf die später für den Betrieb der Positionierungs- und Bestrahlungseinrichtung erforderlichen Daten gespeichert sind. Außerdem können die Bezugsbilder auch mittels
5 der Langzeit-Bildspeichereinrichtung 38, beispielweise zu Zwecken der Archivierung, und zwar mittels einer optischen Platte gespeichert werden.

Wenn der Patient nach einem oder mehreren Tagen oder ei-
10 ner oder mehreren Wochen zu einer weiteren Bestrahlung kommt, mit welcher in das gleiche Zielvolumen eine zusätzliche Dosis eingestrahlt werden soll, wird das Speichermedium mit den Patientendaten beispielsweise die bereits erwähnte Magnetkarte in die Eingabe-/Ausgabeeinrichtung 24 gesteckt, und außer-
15 dem werden die Bezugsbilder von der ersten Bestrahlung über die Bildspeichereinrichtung 39 oder 38 in die Positionierungseinrichtung eingelesen, nämlich in deren aktuelle Bildspeichereinrichtung 21, oder sie befinden
sich bei Patienten, die sehr häufig bestrahlt werden
20 müssen, in dieser aktuellen Bildspeichereinrichtung 21.

Dann wird der Patient 1 auf dem Patiententisch 2 angenähert in die vorgesehene Position gebracht, und zwar durch seine Lage auf dem Patiententisch 2 selbst wie auch durch
25 entsprechende Einstellung der Lage des Patiententisches mittels der Patiententischverstelleinrichtung 37. Hierauf werden mittels der gleichen Bilderzeugungseinrichtungen, mit denen die Bezugsbilder aufgenommen worden sind, aktuelle Bilder aufgenommen, und das aktuelle Bild der jeweiligen Bilderzeugungseinrichtung wird auf dem Monitor 20 mit
30 dem Bezugsbild dieser gleichen Bildeinrichtung durch digitale Subtraktion verglichen, wozu also die Bildpunkthelligkeitssignale digitalisiert worden sind. Die Figur 1A zeigt ein laterales Bild eines auf dem Patiententisch 2 lie-
35 genden Phantoms 1 mit einer Meßuhr, die die erreichbare

Bestrahlungseinrichtung eingegeben worden sind. Dann braucht das Bedienpult 35 nur als Alternative zu dem Bedienterminal 23 verwendet zu werden; im Falle des Ausführungsbeispiels der Figur 3 braucht das Bedienpult 35 wegen der Verbunds der Bestrahlungs- und Positionierungseinrichtung nur die Speicherung der Bezugsaufnahmen zu steuern.

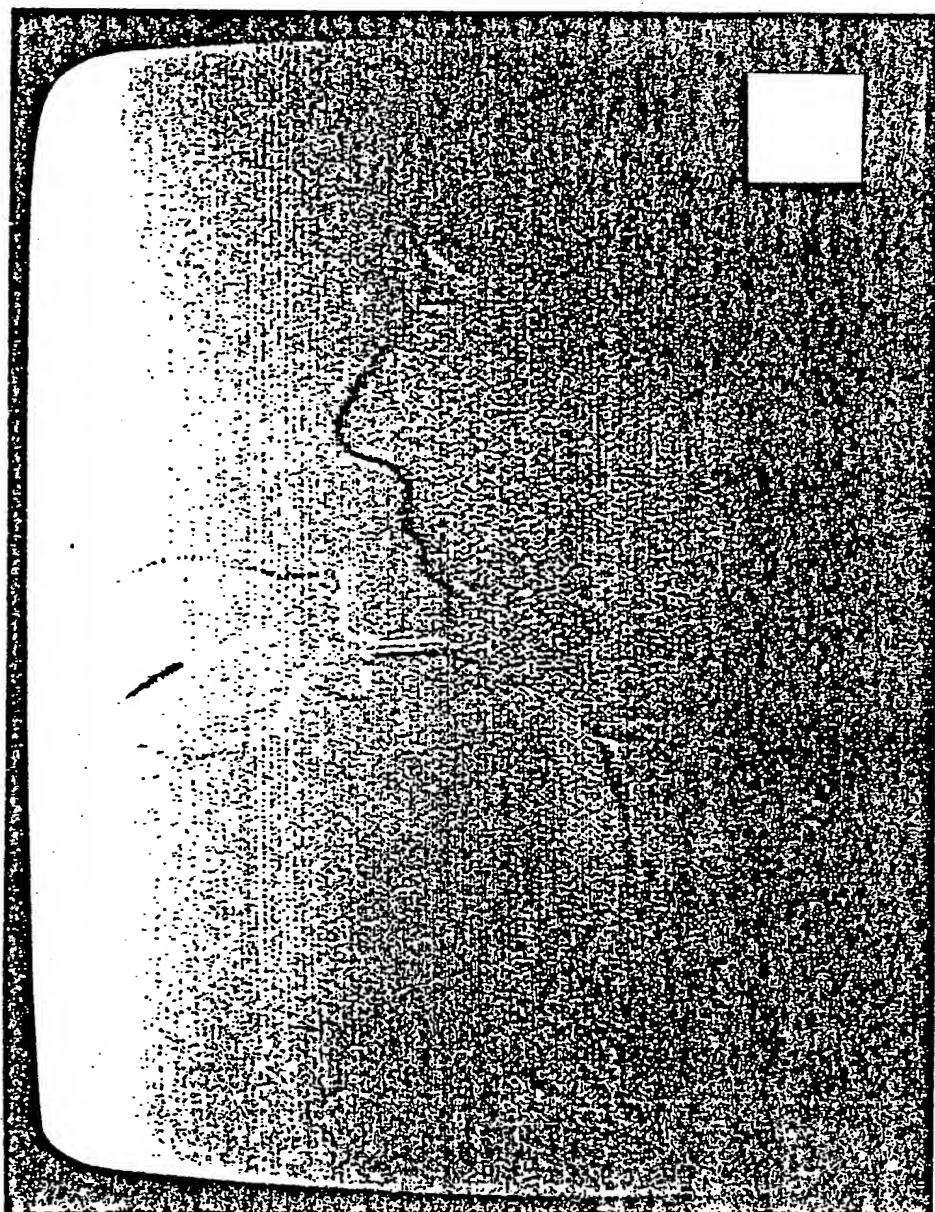
Durch eine einfache Umschaltung kann aber auch die Verbindung über die Schnittstelle 26 getrennt und die Steuereinrichtung 25 direkt mit der Eingabe-/Ausgabeeinrichtung 24 verbunden werden, so daß dann die Bestrahlungseinrichtung und die Positionierungseinrichtung jeweils gesondert unabhängig voneinander betrieben werden können. In diesem Falle dient das Bedienpult 35 zur Eingabe aller Befehle und zusätzlichen Informationen für die Positionierungseinrichtung, wobei außerdem noch eine Eingabe-/Ausgabeeinrichtung für die Positionierungseinrichtung vorgesehen sein kann, welche der Eingabe-/Ausgabeeinrichtung 24 entspricht.

Das Verfahren und die Einrichtung zur reproduzierbaren dreidimensionalen Positionierung, wie vorstehen beschrieben, hat gegenüber den nach dem Stande der Technik benutzten Verfahren und Einrichtungen zur Positionierung von Patienten insbesondere folgende Vorteile:

(1) Die exakte Reproduzierbarkeit einer einmal festgelegten Position ist auf relativ einfache und zeitsparende Weise mit hoher Genauigkeit möglich.

(2) Markierungen am Patienten mittels Filzstift, Tätowierungen o.dgl., die besonders störend im Kopf- und Halsbereich sind, können unterbleiben.

- (I) Es ist eine reproduzierbare Anordnung von irregulär geformten Bestrahlungsfeldern möglich, insbesondere mit Hilfe der Bilderzeugungseinrichtung 6, die fest mit dem Bestrahlungsgerät 8 verbunden ist, indem entsprechend mit dem beschriebenen Verfahren ein oder mehrere Abschirmblöcke für die Strahlung positioniert werden, wobei die Abschirmblöcke indirekt durch ihre Schatten im Lichtfeld des optischen Systems des Bestrahlungsgeräts 8 zu sehen sind, welche durch die Bilderzeugungseinrichtungen mit aufgenommen werden.
- (II) Es ist eine Kontrolle der korrekten Einstellung einer jeden einzelnen Bestrahlung durch Speichern der jeweiligen Differenzbilder aus den Bezugsbildern und den zugehörigen aktuellen Bildern möglich.
- (III) Weiter ist eine Speicherung der Lokalisation von Bestrahlungsfeldern zur Berücksichtigung bei später eventuell erforderlichen benachbarten Bestrahlungsfeldern möglich, indem in der langzeitigen Bildspeichereinrichtung 38 oder in der Magnetplattenbildspeichereinrichtung 39 die digitalen Bilddaten der Bilder, auf denen auch das Bestrahlungsfeld sichtbar ist, gespeichert werden.



BEST AVAILABLE COPY

FIG. 1B

